

В.К. ГУСЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук, проф., **Д.Г. ВОЛКОВ**, студент
НТУ «ХПИ», **А.В. ГУСЕЛЬНИКОВ**, студент НТУ «ХПИ»,
Д.В. ХОМЕНКО, студент НТУ «ХПИ»

УСТАНОВКА ДЛЯ ТАРИРОВКИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРОВ

У статті наведені опис і принцип роботи установки для тарировки промислових тензорезисторів і визначення характеристик схем їхнього включення

In clause the description and principle of work of installation for compenser industrial tenthoresistors and definition of the characteristics of the circuits of their inclusion is given.

Введение. Подготовка промышленных тензорезисторов к эксплуатации включает в себя их проверку и сортировку по сопротивлению, и коэффициенту тензочувствительности.

Определение этих параметров производится выборочно для 3-5% от общего количества тензорезисторов одной серии. Результаты распространяются на всю серию тензорезисторов одного сопротивления и идентичной технологии изготовления. Это делается для того, что даже в одной серии тензорезисторов их характеристики, такие как значения сопротивления и коэффициента тензочувствительности, могут иметь существенные различия.

В промышленных установках для определения этих характеристик используются тарировочные установки с упругими балками равного сечения, на которых закрепляются исследуемые тензорезисторы [1, 2]. Недостатком таких установок является зависимость деформации балки, а, следовательно, и тензорезистора от выбора места рабочей точки на поверхности балки. Так как габариты (база) большинства тензорезисторов составляет (5-30) мм их деформация при закреплении на балке равного сечения неравномерна, что приводит к большим погрешностям измерения сопротивления и коэффициента тензочувствительности.

Цель работы. Разработка тарировочной установки с балкой равного сопротивления, упругая деформация которой, при прогибе свободного одинакова в любой точке её поверхности. Установка, схематическое изображение которой приведено на рис. 1, состоит из следующих элементов: консольной балки равного сопротивления-1, на поверхности которой закреплены, исследуемые тензорезисторы-2. Деформация балки, а, следовательно, и тензорезистора, осуществляется с помощью микрометрического винта-3. Для измерения перемещения конца балки в диапазоне ± 5 мм используется индикатор-4 часового типа с ценой деления 00,1 мм.

Электрическая схема (рис. 2) позволяет определить и сопоставить изменение сопротивлений тензорезисторов с помощью цифрового процентного омметра (ЦО) типа Щ30-04.1 с погрешностью измерения $\pm 0,2\%$ и исследовать наиболее распространенные четверть, полу и полномостовые схемы включения тензорезисторов с помощью цифрового вольтметра (ЦВ) типа Щ1516 с погрешностью измерения $\pm 0,1/0,5\%$. В схему входят постоянные высокоточные резисторы $R1-R4$ типа С5-5В с номинальным сопротивлением 200 Ом и погрешностью $\pm 0,2\%$; стабилизированный источник питания - ИП с постоянным напряжением $(5 \pm 0,5)\text{В}$; инструментальный усилитель - ИУ. Сопротивления $R1-R4$ и исследуемые тензорезисторы $R5-R8$, в зависимости от режима работы, подключаются к схеме с помощью переключателей $S1-S4$.

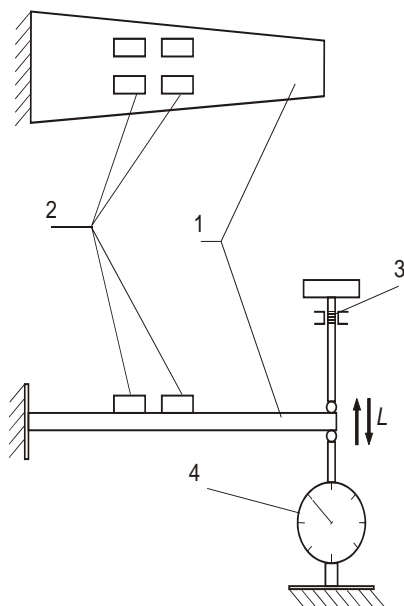


Рис. 1. Механическая схема тарировочной установки

Изменяя положения переключателей можно получить различные схемы включения, например четверть-мостовую. Балансировка схемы осуществляется с помощью реохорда $R0$.

Для исследования серии тензорезисторов выполняются следующие операции:

1. Выбирается необходимый режим работы, например на верхнюю

поверхность балки крепятся 4 тензорезистора одного типа (2ФПКА с коэффициентом тензочувствительности $k = (1,9-2,2)$, базой $\alpha = 11(\text{мм})$, номинальным сопротивлением 200 (Ом)) с помощью переключателей $S1-S4$ собирается четвертьмостовая схема для исследования первого тензорезистора ($R5$).

2. Включается источник питания
3. По нулевым показаниям цифрового вольтметра, реохордом ($R0$) осуществляется баланс моста.
4. С помощью микрометрического винта, производится прогиб l свободного конца балки, например на 0,5 мм по шкале часового индикатора

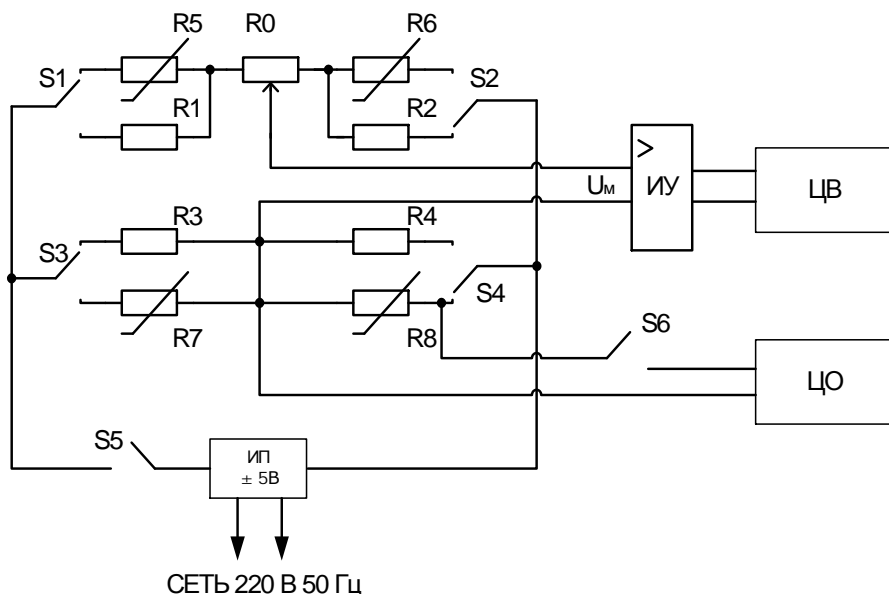


Рис. 2. Электрическая схема тарировочной установки

5. Напряжение разбаланса U_m моста измеряется цифровым вольтметром.

Так же определяются напряжения разбаланса моста для точек прогиба через 0,5 мм до 5 мм.

По полученным значениям строится зависимость $\Delta U_m = F(l)$.

Далее с помощью переключателей $S1-S4$ собирается четвертьмостовая схема для исследования остальных тензорезисторов $R6-R8$ и определяются

зависимости $\Delta U_2, \Delta U_3, \Delta U_4$ от прогиба l . Из сопоставления полученных характеристик определяется разброс коэффициентов тензочувствительности исследуемых тензорезисторов.

Известно [3,4], что деформация поверхности балки равного сопротивления ε_b , а, следовательно, и тензорезистора ε_R , связано с перемещением свободного конца балки следующим образом:

$$\varepsilon_b = h \cdot a^{-2} \cdot l,$$

где толщина балки $-h = 3$ (мм); длина балки $-a = 200$ (мм); перемещение свободного конца балки $l = (0-5)$ (мм). Напряжение U_i в измерительной диагонали моста измеряется вольтметром и может быть определено по формуле:

$$U_m \approx U_p \cdot 4^{-1} \cdot k \cdot \varepsilon_b = U_p \cdot 4^{-1} \cdot \varepsilon_R, \quad (1)$$

где $U_p = 5$ (В) - напряжение питания моста, ε_R - относительное изменение сопротивления тензорезистора.

Из этого выражения могут быть определены ε_R и k . Для определения действительных значений этих величин необходимо произвести несколько, 5-10 аналогичных измерений и найти средние арифметические значения (например $\bar{\varepsilon}_R$).

Вычисление погрешности результатов измерений значений ε_R и k , вызванной разбросом тензочувствительности тензорезисторов внутри серии, производится путем математической обработки полученных значений, используется зависимость:

$$S = 0,6745 \cdot \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \sigma_i^2\right) \cdot (n(n-1))^{-1} \cdot \varepsilon_R^{-1} \cdot 100\%}, \quad (2)$$

где S - погрешность результата измерения для тензорезисторов данной серии; $\sigma = \bar{\varepsilon}_R - \varepsilon_i$ - остаточная погрешность.

Погрешность S является критерием пригодности тензорезисторов для измерений. У лучших образцов фольговых датчиков она не превышает 0,2%. Серия тензорезисторов у которых S превосходит (0,5-1)%, рассматривается как непригодная для практических целей.

Подбор пар тензорезисторов для мостовых измерительных схем можно осуществить, также включив два закрепленных на поверхности балки тензорезистора, например ($R5, R7$). После предварительной балансировки моста и деформации тензорезисторов путем перемещения конца измерительной балки в диапазоне (0-5) мм, через каждые 0,5 мм, определить, по показаниям цифрового вольтметра, максимальное значение напряжения

$U_{\text{мм}}$ разбаланса моста. По значению $U_{\text{мм}}$ определяют согласно формулам (1,2) разницу коэффициентов тензочувствительности и разницу изменения сопротивлений исследуемых тензорезисторов. В случае полной идентичности этих характеристик тензорезисторов напряжения разбаланса моста должно быть равно нулю.

Все эти операции производятся в том случае, если тензорезисторы используются непосредственно для измерения линейных деформации. Если они выполняют роль чувствительных элементов в составе датчиков для измерения, например, давления, вибрации, ускорения, то перед использованием необходимо произвести только их проверку по номинальному сопротивлению и его изменению при деформации с помощью цифрового омметра.

Разброс значений коэффициентов тензочувствительности внутри серии тензорезисторов не скажется на точности измерений, так как в этом случае имеется прямая зависимость между имитированной физической величиной (давлением, перемещением и т. д.) и приращением сопротивления тензочувствительного элемента. Различие в коэффициенте тензочувствительности учитывается и входит в тарировочный коэффициент.

С помощью рассматриваемой установки могут быть определены также параметры других типов тензорезисторов (проволочных, полупроводниковых) и исследованы характеристики их измерительных схем.

Список литературы: 1. *Больших А.С.* и др. Испытательная техника. - М.: Машиностроение, 1982.-559 с. 2. *Пронин П.* Измерения в промышленности: Справочник. - М.: Металлургия, 1990.- 344 с. 3. *Кондрашов С.И., Гусельников В.К.* Методы конструирования первичных измерительных преобразователей с нормированными выходными сигналами: - Харьков: НТУ «ХПИ», 2003.- 126 с. 4. *Поліщук Є.С.* та ін. Метрологія та вимірювальна техніка.- Львів: Бескид Біт, 2003.- 544 с.

Поступила в редакцию 30.05.08